



Two-level preconditioned conjugate gradient methods with applications to bubbly flow problems

Jok Tang

‘Wiskundige maakt mayo lekkerder’, kopte *De Telegraaf* een dag na de promotie van Jok Tang op 8 september 2008 aan de Technische Universiteit Delft. Zo’n kop maakt stiekem nieuwsgieriger dan de titel van zijn proefschrift: *Two-level preconditioned conjugate gradient methods with applications to bubbly flow problems*. De vraag rijst wat de relatie tussen lekkere mayonaise en de tweelaags gepreconditioneerde Krylovmethoden uit zijn proefschrift is. Korte tijd na zijn promotie legt Jok het uit: “Mayonaise is eigenlijk een emulsie van kleine oliedruppeltjes in water. Wanneer de druppeltjes van deze emulsie niet klein genoeg zijn geworden tijdens het productieproces, zoals vaak bij handgemaakte mayonaise gebeurt, vindt na verloop van tijd ontmenging plaats. Dat gaat ten koste van de kwaliteit van de mayonaise. Om het productieproces te testen en te begrijpen hoe de ontmenging plaatsvindt, kunnen experimenten gedaan worden. Het gedrag van de emulsie kan echter net zo goed met computersimulaties bestudeerd worden: er moet dan een stroming van oliedruppels in water berekend worden.” Dat is echter gemakkelijker gezegd dan gedaan, want met de huidige rekenmethodes kan het zelfs op een supercomputer dagen of weken duren om het gedrag van een bellenstroom voor één minuutje te voorspellen. Onder begeleiding van promotor Kees Vuik ontwikkelde Jok snellere methoden die de rekentijd aanzienlijk kunnen verkorten.

Bellen in vloeistof simuleren

Het gedrag van bellen in een vloeistof is niet alleen van belang bij het maken van mayonaise en andere producten in de levensmiddelenindustrie, maar bijvoorbeeld ook bij de scheiding van olie en water in de olie-industrie, of het gedrag van inktdruppeltjes bij printers. Wiskundige modellen voor de beschrijving van een vloeistof met bellen zijn gebaseerd op de niet-samendrukbare Navier-Stokesvergelijkingen met daaraan gekoppeld vergelijkingen voor de beweging van de bellen. Deze worden doorgaans numeriek opgelost, waarbij grote lineaire systemen een belangrijke rol spelen. De lineaire systemen kunnen efficiënt worden opgelost met behulp van iteratieve methoden, zoals Krylovmethoden. De convergentie daarvan hangt echter nauw samen met de conditie van de coëfficiëntenmatrix en helaas is die voor problemen met vele bellen in een vloeistof doorgaans slecht. Langzame convergentie van huidige Krylovoplosmethoden is het gevolg. In het proefschrift van Jok worden nieuwe oplosmethoden aangedragen, zogenaamde ‘tweelaags gepreconditioneerde Krylovmethoden’. Deze kunnen de systemen vele malen sneller oplossen. De truc is eigenlijk om de vertragende componenten in de slecht-geconditioneerde coëfficiëntenmatrix te projecteren, zodanig dat ze niet meer worden herkend door het iteratieve proces. Daardoor versnelt het proces. Voor problemen met een op te lossen lineair systeem met 1 miljoen onbe-

Pas gepromoveerden brengen hun werk onder de aandacht.

Redacteur: Geertje Hek
la Voie-du-Coin 7
1218 Grand-Saconnex
Zwitserland
G.M.Hek@uva.nl

kenden scheelt het aantal benodigde iteraties al gauw een factor 10 en wordt de rekentijd ongeveer een factor 3 kleiner. Deze factoren worden alleen maar groter wanneer het aantal onbekenden wordt opgevoerd om realistischere testproblemen door te rekenen. Derhalve kunnen simulaties van bellen in een vloeistof veel efficiënter worden uitgevoerd dan voorheen. Dat vindt Jok ook meteen het belangrijkste resultaat in zijn proefschrift: "Diverse praktische problemen die in eerste instantie niet op te lossen leken zijn nu ineens wel benaderbaar. Tweelaags gepreconditioneerde Krylovmethoden zijn eigenlijk onontbeerlijk voor het doorrekenen van modellen om bellen te simuleren."

Vruchtbare samenwerkingen

Het leven als aio vond Jok geweldig. Hij heeft niet alleen veel geleerd en gedaan maar ook veel plezier gehad. Hij is in al die jaren naar eigen zeggen uitstekend begeleid door zijn promotor Kees Vuik en heeft veel aan hem te danken. Het onderzoek kon hij uitvoeren in volledige vrijheid. Bijna wekelijks besprak hij de voortgang met Kees Vuik, die actief meedacht met het onderzoek en hielp wanneer het vastliep of als Jok zijn advies nodig had. De aanpak van Kees zorgde voor een hoge productiviteit en vele gezamenlijke publicaties.

Op de afdeling had Jok niet echt sparring partners. Omdat Kees Vuik al een expert was op het onderzoeksgebied, kon hij met zijn begeleiding en hulp gemakkelijk in het wereldje rollen. Zijn sparring partners kwamen meer van andere instituten die soortgelijke methoden gebruiken. Met hen heeft Jok vele tweelaags gepreconditioneerde Krylovmethoden vergeleken en relaties tussen de diverse methoden gelegd. Iets wat nog vrij weinig werd gedaan, vanwege de complexiteit van de methoden en het feit dat ze uit diverse werelden komen, elk met zijn eigen notaties en interpretaties.

Jok is twee keer op werkbezoek geweest naar de TU Berlin om te werken met professor Reinhard Nabben, die eerder al samenwerkte met Kees Vuik. Beide bezoeken waren zeer vruchtbaar, getuige de diverse papers die ze samen hebben geschreven. Jok heeft bovendien samengewerkt met Scott MacLachlan, voorheen postdoc aan de TU Delft en nu assistent professor aan Tufts University in de VS. Ook met deze expert in multigrid methodes heeft Jok veel vruchtbaar onderzoek verricht. Het reizen vond Jok geweldig en het samenwerken met toponderzoekers uitdagend. Sterker nog: "Deze samenwerkingen met topmensen hebben wezenlijk bijgedragen tot hoe en wie ik nu ben. Ik voel me dankzij hen een volwassen wetenschapper."

Het publiceren van je resultaten geeft veel voldoening volgens Jok, maar raakt tegelijkertijd aan het voor hem moeilijkste aspect van het aio-schap. Het gepubliceerd krijgen van wetenschappelijke artikelen viel hem tegen: Het uitwerken van een wiskundig idee vergde natuurlijk tijd, maar om het daarna door het reviewproces heen te krijgen bleek nog lastiger, omdat de reviewers vaak uit verschillende disciplines kwamen en daardoor allemaal anders tegen zaken aankeken.

Iets totaal anders

Ter afsluiting van deze terugblik citeert Jok de volgens hemzelf mooiste stelling bij zijn proefschrift: "De vliegtaks en verpakkingstaks zijn recente vormen van milieu- en taalterror." Taks is formeel geen Nederlands woord. De twee belastingen hebben als doel om het milieu een handje te helpen, maar hij, en vele mensen met hem, zijn van mening dat de twee maatregelen juist slecht zijn voor het milieu en alleen ingevoerd zijn om de staatskas te spekken. Als lezers hierover met hem in discussie willen, moeten ze niet naar de TU Delft gaan, want na zijn promotie is Jok iets totaal anders gaan doen. Hij is vanaf 1 november analist bij Deloitte op de afdeling pensioenen en actuaariaat.

Een hele andere richting in een nieuwe omgeving, maar dat is ook precies wat hij wilde. Hij wil graag bijleren in andere disciplines en diverse vaardigheden verder ontwikkelen.